

## СТРУКТУРА ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕРСТАТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ

**І.І. Павленко, В.А. Мажара** (КНТУ, Кіровоград, Україна)

*The general structure of productivity turning robotized complexes, that In given clause it is presented are served by the double-ended changer of industrial robots is presented in this clause. The influence of components of the given structure on the productivity of the complex in general has been analysed in detail.*

Автоматизація виробництва в машинобудуванні передбачає створення нового обладнання, прогресивних технологічних процесів, сучасних системи організації виробництва і т.д. Ефективність автоматизації може бути досягнута за рахунок створення одноверстатних та багатостататних роботизованих комплексів. Основною умовою створення таких комплексів є вирішення проблеми підвищення продуктивності виконуваних операцій.

В роботах [1-3] наведені загальні оцінки по продуктивності роботизованих комплексів, але немає детального аналізу кожної складової циклу, що впливає на підсумковий результат продуктивності.

В даній роботі представлено запропоновану загальну структуру продуктивності роботизованих комплексів, та проаналізовано вплив компонентів, які входять до неї, на продуктивність комплексу в цілому.

Роботизований технологічний комплекс (РТК) — це сукупність: технологічного обладнання (ТО); промислового роботу (ПР); допоміжних пристроїв (ДП).

Впровадженню промислових роботів повинен передувати комплексний техніко-технологічний, організаційно-економічний і соціальний аналіз виробництва. Все це вказує на необхідність детального обґрунтування приймаємих рішень на етапах створення, впровадження і експлуатації роботів. Одними з таких питань є час (продуктивність) виконання роботом розвантаження і завантаження верстатів, від якого в значній мірі залежить ефективність роботизації.

Такт випуску деталей в РТК, що визначає продуктивність РТК, залежить від часу роботи кожної вищенаведеної складової комплексу в той чи іншій мірі, і в загальному виді структуру циклу роботи РТК можна представити у вигляді :

$$T_{РТК} = T_{ТО} + T_{ПР} + T_{ДП}$$

де  $T_{РТК}$ ,  $T_{ТО}$ ,  $T_{ПР}$ ,  $T_{ДП}$  — відповідно час циклу роботи роботизованого комплексу, технологічного обладнання, промислового робота та допоміжних пристроїв.

В даній формулі час  $T_{пр}$  і  $T_{дп}$  приймається той, що не перекривається  $T_{то}$ , або один одним. Враховуючи те, що роботизовані комплекси мають досить різноманітне виконання, як згідно виконань верстатів, роботів і допоміжних пристроїв так і відносно їх компонування, то усі ці особливості, призводять до різної продуктивності комплексів. Для пошуку кращих варіантів комплексів доцільно проаналізувати продуктивність РТК визначивши основні їх складові:

1. Технологічне обладнання (верстати) включають слідуєчі складові часу циклу роботи РТК:

$t_o$  – основний час роботи обладнання;

$t_d$  – допоміжний час роботи обладнання.

Якщо в комплекс входить два і більше верстатів то відповідно їх час буде:  $t_{o1}; t_{o2}; \dots; t_{d1}; t_{d2}; \dots$

2. Промисловий робот в РТК обслуговує основне обладнання комплексу і неперекриваємий час цього обслуговування включає:

$t_{р(в1)}; t_{р(в2)} \dots$  – час безпосередньої роботи робота з верстатами по його завантаженню і розвантаженню;

$t_{р(дп1)}; t_{р(дп2)} \dots$  – час безпосередньої роботи робота з допоміжними пристроями по взяттю (встановленню) деталі (заготовки) в позиції цих пристроїв;

$t_{р(в-дп)}; t_{р(дп-в)}; t_{р(дп1-дп2)} \dots$  – час переміщення робота від верстату до пристроїв і навпаки, чи від одного допоміжного пристрою до іншого.

3. Допоміжні пристрої РТК, також можуть здійснювати необхідні рухи, що потребує відповідного часу:

$t_{дп1}; t_{дп2}; \dots$  – неперекриваємий час функціонування допоміжних пристроїв.

Окрім наведених значень часу, мають місце і перекриваємі складові часу роботи робота та допоміжних пристроїв. Чим більше перекриваємий час і менше неперекриваємий час, тим краще побудований РТК, а відповідно вище його продуктивність.

Для вирішення цієї задачі важливо проаналізувати усі ці особливості роботизації виробництва.

Першим, і актуальним кроком є структурне представлення продуктивності верстатних комплексів. Так для комплексів з одним верстатом продуктивність може бути представлена, в залежності від особливостей їх виконання та функціонування.

$$T_{TO} + T_{P(B)} + \frac{\left[ T_{P(B-DO1)} + T_{P(DO1)} + \overbrace{t_{DO1} + t_{P(DO1)}} + T_{P(DO1-B)} + T_{P(B)} \right]}{\left[ T_{P(B-DO1)} + T_{P(DO1)} + T_{P(DO1-DO2)} + T_{P(DO2)} + T_{P(DO2-B)} + T_{P(B)} \right]} = T_{PTK}$$

Рисунок 1. Структура продуктивності РТК

Наведена структура продуктивності РТК може бути ще більш деталізована, що дозволяє отримувати нові варіанти. В цій формулі постійними складовими є час роботи обладнання ( $T_{TO}$ ) та час обслуговування верстату роботом ( $T_{P(B)}$ ), а інші складові можуть бути чи не бути в залежності від будови та особливостей роботи РТК. Якщо основний час роботи обладнання ( $t_o$ ) є величиною не змінною для конкретного технологічного процесу то всі інші складові можуть бути змінними.

Час роботи обладнання можна представити як:

$$T_{TO} = t_o + n_1 \cdot t_{BO} + n_2 \cdot t_{3P} + n_3 \cdot t_{PI};$$

де  $t_o$  – основний технологічний час роботи верстату;

$t_{BO}$  – час на відкриття (закриття) огороження робочої зони верстату;

$t_{3P}$  – час на затискання (розтискання) деталі пристроєм верстату;

$t_{PI}$  – час на відведення (підведення) ріжучого інструменту (супорта, інструментальної головки і т.п.)

$n_1; n_2; n_3$  – кількість відповідних функціональних рухів.

В наведеній формулі величини  $t_o$ ,  $t_{BO}$ ,  $t_{3P}$  – є величинами постійними, що характеризують технологічну операцію та особливості виконання верстату. Час переміщення ріжучого інструменту залежить як від розмірів деталі, що встановлюється на верстат, та технології її обробки, так і особливостей конструктивного виконання робота і його функціонування в циклі що досліджується. Відзначені величини часу  $t_o$ ,  $t_{BO}$ ,  $t_{3P}$  – можуть взаємно неперекриватись, або повністю чи частково перекриватись.

Важливим, в цьому плані є характер виконання “робочої зони” верстату, яка формується “обмежуючими” площинами, що утворюються направляючими та супортом верстата, задньою стінкою верстата, умовною площиною, яка проходить через передній торець патрону верстата та ін. Характер зони впливає на напрямок та умови підведення деталі до затискного пристрою верстата, тобто на час роботи ПР. Для верстатів з

горизонтальною віссю шпинделя можна виділити декілька видів робочих зон (рис.2).

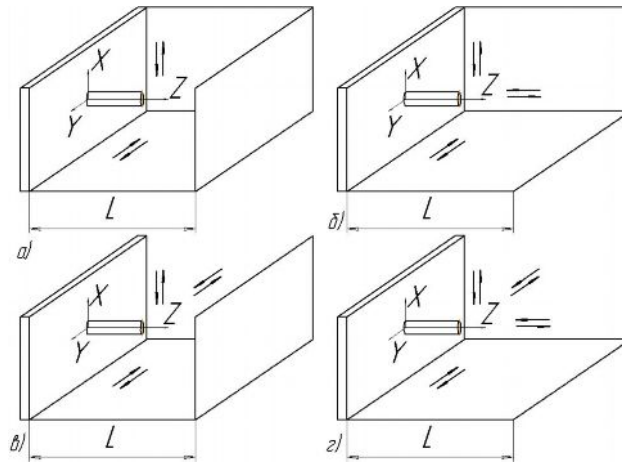


Рисунок 2 Робочі зони токарних верстатів.

За кількістю одиниць технологічного обладнання існують РТК: одноверстатні та багатоверстатні. При роботі багатоверстатних РТК робот обслуговує верстати по черзі, тому такі комплекси можна представити як сукупність одноверстатних і застосовувати методи проектування РТК з одним верстатом, але врахуванням обмежуючих умов багатоверстатності.

Головною складовою частиною продуктивності РТК є основний час обробки деталей  $t_0$ . Від величини цього часу та співвідношення  $t_0$  і часу його простоювання під розвантаженням і завантаженням залежить як загальна продуктивність комплексу так і ступінь жорсткості вимог до продуктивності інших складових функціонування РТК. Для визначення такої оцінки виконано аналіз залежності продуктивності роботи РТК від часу роботи робота по завантаженню та розвантаженню верстату та отримано відповідні графіки (див. рис. 3).

Графіки побудовано при часі роботи верстату  $t_{\text{вер}} = 0,01(Q1); 0,1(Q2); 0,5(Q3); 1,0(Q4); 5,0(Q5)$  хв. Час роботи робота змінювався від 0,1 до 4,0 хв. З графіку видно, що час роботи робота суттєво впливає на продуктивність РТК у випадку коли час роботи основного обладнання не значний, а при його збільшенні час роботи робота має все менший вплив на продуктивність РТК в цілому.

Допоміжні пристрої РТК повинні забезпечувати накопичування, орієнтування (при необхідності), видачу та транспортування деталей всередині РТК або між сусідніми РТК. Вимоги до таких пристроїв визначаються типом, формою, розмірами деталі, кількістю верстатів в комплексі серійністю виробництва та ін.

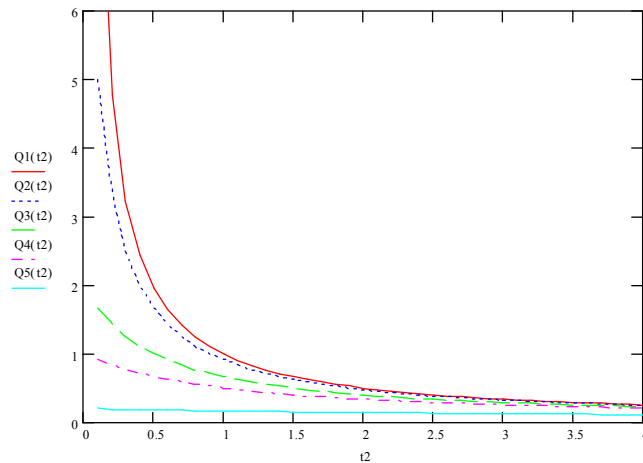


Рисунок 3. Графік залежності продуктивності РТК від часу роботи робота

Вищенаведені характеристики деталі визначають конструктивні параметри допоміжних пристроїв (ДП). Тип РТК та склад верстатів визначають основні функціональні якості ДП: зберігання деталей, безперервне транспортування, крокова подача та ін. Тип виробництва та штучний час обробки деталі визначають місткість ДП, тобто запас деталей, який повинен бути забезпечений в одиницю часу. Можна виділити слідуєчі характеристики ДП, що так чи інакше впливають на продуктивність РТК :

- а) розміщення елементів ДП біля технологічного обладнання;
- б) тип конструктивного виконання ДП та їх кількість;
- в) спосіб подавання деталей (заготовок) до промислового робота в ДП;

Аналізуючи вплив цих характеристик на час циклу роботи РТК можна відзначити:

а) розміщення елементів ДП біля технологічного обладнання (збоку, спереду верстата і ін.) визначається в першу чергу типом виконання промислового робота і впливає на час циклу роботи РТК через час роботи ПР, так як визначає шлях переміщення робота між позиціями РТК.

б) за типом виконання ДП діляться на приймально-подавальні пристрої (суміщені вхід (I) та вихід (II) РТК) та окремо виконані подавальні та приймальні пристрої (не суміщені вхід (I) та вихід (II) РТК). При першому варіанті виконання ДП від ПР не вимагається переміщення з позиції подавального на позицію приймального пристрою РТК, але сам пристрій повинен виконувати переміщення (зміну) позицій із заготовкою і обробленою деталлю або ж такий рух в межах приймально-подавального пристрою повинен виконувати робот. Ця умова повинна мати місце коли робот має одну руку з одним захватом, або одну руку з двома захватами які виконані таким чином, що в позицію ДП виходить тільки один захват (рис. 4, а). Відповідно, в даному випадку, потрібно додатковий час на рух робота

(відведення захвату –  $t_{вз}$  від позиції ДП, з послідуочим його підведенням –  $t_{пз}$ ), час зміни місцями захватів робота  $t_{змз}$  та час зміни позицій допоміжного пристрою (обробленої деталі та заготовки) –  $t_{дп}$ . Якщо конструктивне виконання допоміжних пристроїв дозволяють обом захватам виходить на відповідні позиції (рис. 4, б), то з розрахунку виключається час на додаткове підведення і відведення захватів, їх зміну місцями та час зміни позицій допоміжного пристрою який може перекриватись рухами робота.

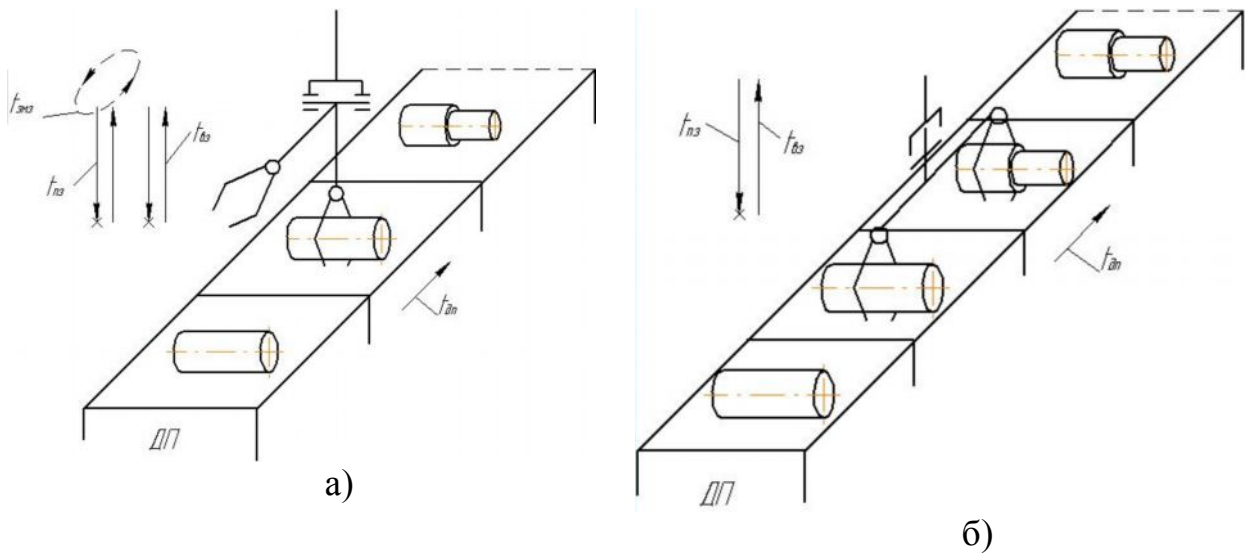


Рисунок 4. Приклади конструктивного виконання допоміжних пристроїв та їх обслуговування роботом.

Таким чином, допоміжний час на обслуговування ДП роботом ( $t_{р.дп}$ ) відповідно буде:

- для варіанту (рис. 4, а)

$$t_{р.дп} = t_{пз} + t_{з1р} + t_{вз} + (t_{змз}) + (t_{дп}) + t_{пз} + t_{з2р} + t_{вз}$$

- для варіанту (рис. 4, б)

$$t_{р.дп} = t_{пз} + t_{з1р} + (t_{з2р}) + t_{вз}$$

В дужках відзначено час рухів які можуть перекриватись попередніми рухами.

Із наведених формул видно, що час обслуговування роботом ДП суттєво різний, і залежить від виконання як додаткового пристрою, так і конструкції захвату.

В цілому, запропонована структура аналізу продуктивності дозволяє оцінювати вплив різних складових будови та функціонування РТК на загальну продуктивність його роботи, а відповідно вибирати найбільш раціональні варіанти їх конструктивного виконання.

### Література.

1. Павленко І.І. Промислові роботи: характеристика та градація. Кіровоград.: КІСМ, 1997. – 78с.
2. Павленко І.І. Структура промислових роботів. — Кіровоград.: КІСМ, 1998. — 100с.
3. В.И. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольський, А.Г. Карлов. Промышленные роботы. – К.: Вища школа, 1985. – 359с.